

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID

---

# DISCURSO

CORRESPONDIENTE A LA SOLEMNE APERTURA  
DEL CURSO ACADEMICO 1971-1972

POR EL

**Excmo. e Ilmo. Sr. D. ROGELIO SEGOVIA TORRES**

CATEDRÁTICO NUMERARIO DE ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN

**E.T.S.I. DE MONTES**

**621.3  
(S.F-1)  
SEGO.  
EXPL.**

**M A D R I D**

**1 9 7 1**



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



0700276546

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

621.3  
(SF-1)  
SE60  
EXPL

# DISCURSO

CORRESPONDIENTE A LA SOLEMNE APERTURA  
DEL CURSO ACADÉMICO 1971 - 1972

## LA EXPLOSION DE LAS TELECOMUNICACIONES



R. 24.424

C.D. 621.39(048)

Depósito legal, M. 25.137 - 1971

GRÁFICAS UGUINA - MELENDEZ VALDES, 7 - MADRID, 1971

Magnífico y Excmo. Sr. Rector,  
Ilustre Claustro Universitario,  
Estudiantes,  
Señoras y Señores:

### **La era industrial.**

Desde su origen, el hombre ha intentado con éxito, por medio de su inteligencia y de su ingenio, imponerse al medio que le rodea dominando la Naturaleza. La historia de la Humanidad es, en cierto sentido, la historia de esa lucha continua del hombre, de su sacrificio, de sus triunfos y de sus fracasos.

La primera tendencia innata del hombre es ampliar de alguna forma el poder de sus músculos y para ello inventa máquinas con las que pueda dominar el poder físico. Esta lucha permanente, que ha pasado por los altibajos lógicos en el curso de los siglos, alcanza su punto más crítico y explosivo en los siglos XVIII y XIX, en que se convierte en una auténtica revolución que marca el acceso a la Era industrial contemporánea.

El hombre aprende a encauzar en su beneficio grandes fuentes de energía. Su afán es lograr la máquina más potente o veloz. Surge la máquina de vapor y aparece el ferrocarril; se construyen canales y carreteras; grandes buques surcan los mares.

Todo ello se traduce en una visión totalmente mecanicista no sólo de la Naturaleza, sino también del hombre mismo. El científico del siglo XIX ve en el hombre un complicado sistema mecánico y energético; se fija en sus músculos y en sus válvulas, conductos y tuberías.

El nacimiento de las grandes industrias y las vías de comunicación cambian el aspecto de las ciudades y surgen por doquier otras nuevas. La combinación de todas estas circunstancias produce tal cambio, que altera drásticamente la forma de vida de los pueblos.

## **Aparición de las Telecomunicaciones.**

La aparición de la electricidad acelera hasta un ritmo vertiginoso la marcha de la revolución industrial. La electricidad permite, en efecto, el transporte de la energía, convirtiéndose los hilos eléctricos que cruzan montes y valles, en las más importantes vías de transmisión para la energía que alimenta la revolución. Por otra parte, la electricidad permite darle forma definitiva a la vieja aspiración del hombre de comunicarse a distancia. Las comunicaciones irrumpen en el panorama de la revolución industrial de una manera sistemática, organizándose servicios que pronto llegan a ser vitales. En 1876, se establece el primer enlace telefónico. Atrás quedan los tiempos de las comunicaciones elementales a base de señales y códigos convenidos, y se alcanza la comunicación directa por la conversación.

Las primeras décadas del siglo XX son testigo de la expansión continua de la revolución industrial, cuya velocidad va aumentando sin cesar. Aparecen nuevas fuentes de energía de alcance mucho mayor que hubieran resultado utópicas unos años antes y que culminan con la fusión y fisión nucleares. Se llega a un grado de control de estas energías, extraordinariamente perfeccionado, y las comunicaciones, siempre al servicio de esta revolución ascendente, toman un puesto de vanguardia adquiriendo un desarrollo muy avanzado, que extiende su utilización con una rapidez fulminante.

## **Electrónica.**

Ante la explosión industrial en esa etapa del siglo que vivimos, cabe interrogarse acerca de los factores técnicos que la han hecho posible. No parece exagerado decir que los factores técnicos que han provocado ese gigantesco «boom» industrial, han sido el conjunto de conocimientos, experiencia y aplicaciones que se conocen con el nombre de Electrónica.

Efectivamente, la Electrónica ha permitido ejercer un nuevo tipo de control sobre la energía. Vale la pena, realmente, preguntarse: ¿En qué se diferencia la manera de controlar energía del siglo pasado al actual? En cualquier ilustración de un libro de Julio Verne se puede ver al científico o técnico manejar válvulas y palancas, y hoy día sabemos, por la experiencia cotidiana, que basta con oprimir botones. A primera vista puede parecer que la única ventaja es hacer un esfuerzo muscular menor, y puede también pensarse que mediante un complicado sistema de muelles, trinquetes y contrapesos es posible realizar un sistema que permita efectuar la acción de control oprimiendo un botón. En realidad el sistema electrónico ofrece muchas más ventajas; en primer lugar, la simplicidad que introduce el hecho de que el impulso

que lleva la señal no necesita un soporte rígido. Mientras los medios que transmiten los esfuerzos mecánicos imponen serias dificultades geométricas en sus diseños, que en teoría serían bastante simples, en un circuito electrónico ocurre lo contrario: la teoría de su funcionamiento es algo más compleja, pero su traslado a la práctica, a partir de unos cuantos elementos standard, es tan sencillo que muchas veces el aspecto de un circuito es mucho más simple que su esquema sobre el papel. Otra ventaja es la exactitud, ya que un sistema electrónico permite tener en cuenta casi todos los fenómenos que afectan al sistema a controlar, a diferencia de un dispositivo mecánico en que los fenómenos puestos en juego sólo representan una ínfima parte de las verdaderas condiciones a que se verá sometido el sistema. La capacidad que posee el sistema electrónico para enviar la señal que ha de actuar a grandes distancias en un tiempo mínimo es otra de las ventajas inherentes a este tipo de control que se presenta como mucho más conveniente y adecuado que el mecánico.

### **Ampliación de la capacidad sensorial. Electrónica. Electromagnetismo.**

La Electrónica ha permitido, además, al hombre ampliar notablemente el alcance de su capacidad sensorial. La posibilidad de producir un impulso eléctrico en una manifestación energética y a la inversa, permite el empleo de la Electrónica para comunicar al hombre con el mundo que le rodea y con otros hombres. Comunicándose con el exterior, el hombre envía señales que traducidas por la Electrónica producen un cambio en la Naturaleza, y en sentido inverso, obtiene información de ella traduciendo, mediante aparatos electrónicos, manifestaciones no alcanzables a nuestros sentidos.

En realidad, la capacidad sensorial del ser humano es verdaderamente limitada. A pesar de que el órgano de la vista es nuestro sistema sensorial más perfecto, su capacidad de percepción se limita a las ondas electromagnéticas comprendidas en el margen de 4.000 a 7.000 Å. El oído no responde fuera del margen de los 16 a 20.000 Hz. y nuestra piel sólo es sensible a cambios de temperatura y presión relativamente grandes.

Todos estos márgenes de percepción se ven considerablemente aumentados por medio de dispositivos electrónicos. Cambios de presión y temperatura, antes inaccesibles en nuestra detección, se hacen asequibles gracias a los fenómenos piezoeléctricos y a la eficaz ayuda de los transductores termoelectrónicos. Los micrófonos aumentan el margen de sensibilidad del oído, haciendo accesibles sonidos que antes no lo eran. El margen de los ultrasonidos, antes prohibido a la experiencia humana, se abre a ella y el hombre los utiliza para explorar y adquirir información de sistemas activos antes igno-

rados. Una prueba constante de su empleo es el sonar. Hoy en día se trazan mapas acústicos que dan una nueva imagen del mundo en que vivimos.

La vista que, como decíamos antes, está limitada a la zona visible del espectro modifica con la ayuda de la Electrónica su campo de acción, como ocurre, por ejemplo, con los fotomultiplicadores y los diodos de avalancha capaces de detectar iluminaciones de un orden mucho menor que el accesible al ojo. Por otra parte, el hombre se hace sensible, por así decirlo, a nuevos «colores» al poder detectar radiaciones que antes se escapaban a su percepción. Un ejemplo de esto es la detección de la radiación térmica. Esta radiación, que supera las limitaciones de la luz visible adentrándose en la región de espectro electromagnético que comprende los rayos infrarrojos, se hace sensible a los detectores de estado sólido y ello permite obtener información en un margen de frecuencias mucho más amplio de objetos terrestres y del espacio. La salida del detector es amplificada pudiéndose grabar en una cinta magnética, que posteriormente puede proyectarse modulando en intensidad el haz de un tubo de rayos catódicos. El resultado es un mapa que recuerda, en cierto modo, una fotografía, ya que el tono de la imagen del infrarrojo representa las variaciones de intensidad de la radiación emitida por la superficie termografiada. Este sistema permite obtener una imagen de un mundo nuevo, en el que podemos ver tanto de noche como de día y a través del vapor y del humo.

Otro ejemplo es la detección de los rayos cósmicos, radiación de alta energía y testigos de todos los procesos energéticos fundamentales del Universo.

Quizá de todos los ejemplos que puedan citarse de captación de fenómenos del universo, gracias a los avances de la Electrónica, sea el de la Radioastronomía el de mayor alcance en el futuro y uno de los más espectaculares en el presente. Dentro del marco de la Astronomía pasiva, en que los objetos celestes son estudiados por medio de su radiación natural, dio comienzo en los años 30 la apasionante aventura de la Radioastronomía. Como es sabido, la atmósfera y la ionosfera terrestres constituyen una barrera a casi todas las radiaciones de fuera; sólo dos bandas de frecuencia del espectro electromagnético atraviesan dichas capas: la zona del espectro visible y la de las microondas. El desarrollo de los sistemas de antenas receptoras permitió a los pioneros de la Radioastronomía detectar las radiaciones, pero sólo gracias a los dispositivos electrónicos se ha dado el paso importantísimo de hacer utilizable la información recibida. En efecto, la posibilidad de amplificar las señales recibidas sin alterar o desfigurar su contenido por causas internas al propio sistema de recepción, sólo ha sido posible con ayuda de dispositivos como el Maser, el amplificador paramétrico, el diodo túnel y, en general,

todos los sistemas que se conocen en la terminología de las comunicaciones como de bajo nivel de ruido.

Pero el hombre no se limita a captar la información que le llega y pasa a explorar en seguida, utilizando para ello las ondas electromagnéticas. Envía ondas que detectan y localizan objetos en el espacio, como es el caso del Radar, y da comienzo a una nueva etapa de Astronomía activa o Radioastronomía. La Electrónica y las ondas electromagnéticas le proporcionan los elementos básicos con los que se lanza a la eterna e inquietante aventura de explorar el Universo desconocido e inaccesible a los sentidos.

### **Electrónica y Telecomunicación.**

Sin embargo, no sólo en este tipo de comunicaciones, sino en todas las necesarias para el desarrollo de la revolución industrial, ha influido la Electrónica de forma decisiva, hasta el punto de que la historia de los descubrimientos electrónicos más significativos, a los cuales se les ha encontrado posteriormente múltiples aplicaciones, va unida invariablemente a un paso gigantesco de las comunicaciones. La realización, a principios de este siglo, del triodo de vacío hizo que la telegrafía sin hilos se convirtiera en radiodifusión y permitiera el desarrollo completo de los sistemas multicanales por líneas y cables, de los que luego hablaremos.

Cada progreso en la fabricación de nuevos tipos de tubos electrónicos constituyó un avance y un perfeccionamiento en el desarrollo de la Radio. En los años inmediatamente anteriores a la II Guerra Mundial se realizó un gran avance en el campo de la Electrónica de las Microondas, desarrollándose prototipos de osciladores y amplificadores en el margen de las Microondas, el más significativo de los cuales fue el klystron. Estas realizaciones cristalizaron rápidamente por la urgencia militar en el Radar. El avance en el estudio de la teoría del estado sólido hizo factible, en los últimos años 40, el desarrollo del transistor, sin duda, una de las invenciones más importantes del presente siglo, porque abrió camino en el mundo de las comunicaciones a los procesos de miniaturización que alcanzan en la actualidad niveles insospechados.

Todo esto y muchos más datos que podrían citarse, llevó a una unión indisoluble de la Electrónica y las Comunicaciones, que constituye el concepto actual de Telecomunicación.

### **Influencia de las Telecomunicaciones.**

La comunicación eléctrica, como interrelación entre la gente en el tiempo y a través del espacio, marca una pauta en la evolución de nuestra sociedad



humana. Se ha dicho, y con razón, que muchos conflictos humanos ocurridos en el pasado hubieran podido evitarse o solucionarse con mayor rapidez de haberse dispuesto de un medio de comunicación ágil y rápido. Las innovaciones tecnológicas en los sistemas de comunicación que han permitido aumentar la capacidad de los servicios existentes y aun introducir otros nuevos, suponen un gran impacto social y, en cierta medida, inciden sobre nuestras costumbres, como, por ejemplo, la ocurrida con la Televisión comercial.

Algo similar ha ocurrido con el diálogo hombre-máquina, consecuencia de la progresiva utilización de los ordenadores. Los operadores han tenido que acostumbrarse a que la máquina responda a sus preguntas casi instantáneamente y sin error.

El hombre, actor directo en los procesos de comunicación actuales, irá dejando su papel en algunos para ser sustituido por la máquina. Ya existen sistemas en los que las máquinas dialogan o comunican entre sí, reservándose el hombre el papel de mero espectador o agente de control.

### **Proceso de la información. Capacidad.**

Los sistemas enteramente automáticos de intercambio de información pueden funcionar a mayor velocidad que aquellos en los que interviene el hombre, lo que tiene como ventaja una reducción en el tiempo de ocupación de los medios de comunicación. Sin embargo, es preciso adoptar codificaciones especiales que protejan la información de los posibles errores de transmisión, los cuales, en los sistemas en que interviene el hombre, son fácilmente detectables y corregibles por éste.

La información que genera el hombre o una máquina se transforma en forma eléctrica para su transmisión y proceso, constituyendo la señal eléctrica. Los sistemas de comunicación reciben estas señales, distribuyéndolas y encaminándolas a su punto de destino. Un sistema físico dado —un par de hilos, por ejemplo— se caracteriza por su capacidad o cantidad de información que es capaz de transmitir.

El aumento de la capacidad de los sistemas ha sido una preocupación constante de la tecnología de comunicaciones. En los sistemas más primitivos y sencillos la capacidad era reducida, por lo que resultaba necesario multiplicar los medios para manejar una información dada.

### **Líneas y cables.**

Durante la I Guerra Mundial, se consiguió aumentar la capacidad de las líneas enviando numerosas conversaciones telefónicas o telegráficas por un

solo par de hilos utilizando portadoras, elevando la frecuencia de la transmisión, dividiendo la banda de frecuencias en un número de señales, con lo que se reducían las inversiones de infraestructura y se aumentaba la rentabilidad de las explotaciones. Había aparecido la telefonía multicanal.

La tecnología de líneas aéreas de los años 30 y 40 fue, poco a poco, influida por una tecnología «subterránea» en la que gran número de pares de hilos recubiertos de una funda protectora constituyen los cables de telecomunicación que se tienden bajo tierra. Estos cables han evolucionado, apareciendo los cables coaxiales, formados por un conductor central en el eje de otro conductor cilíndrico, o tubo. Los modernos cables coaxiales llevan varios, del orden de 20, de estos pares coaxiales dentro de una funda. Uno de estos cables puede ser capaz de transmitir simultáneamente unas 30.000 conversaciones telefónicas. Una aplicación de estos cables son los cables submarinos, sumergidos en el fondo del mar, y de los que podemos citar el cable que enlaza España con el continente americano y el Mediterráneo con una longitud de 6.450 kilómetros y con capacidad para 720 circuitos telefónicos. Para dar una idea de su dificultad técnica, puede citarse que la vida prevista es de 25 años, contiene un amplificador cada 18 kilómetros formado por transistores y diodos de estado sólido, y su anchura de banda es de unos 6 MH.

### **Transmisión digital.**

La transmisión ha avanzado y cambiado su técnica de señales analógicas por el más reciente concepto de la transmisión digital, convirtiendo aquéllas en impulsos por el proceso llamado modulación codificada por impulsos, traduciendo la señal a números binarios. Muchos de estos sistemas se están introduciendo en el mundo, con velocidades de varios millones de bit por segundo. Así como en los sistemas analógicos de portadoras se divide el margen de frecuencias entre las señales, en el procedimiento digital el multiplexaje se realiza dividiendo el tiempo, intercalando en el intervalo de los impulsos que corresponden a una señal los correspondientes a otras. La ventaja de este sistema es que los impulsos pueden regenerarse en los repetidores (amplificadores y formadores de impulsos), con lo que quedan muy reducidos los efectos del ruido, distorsión y variación de ganancia. Pueden, al disminuir las interferencias, transmitirse con mayor fidelidad en forma digital señales acústicas, telegráficas, de video, facsímil, datos y otras.

### **Conmutación. Automatización.**

Por otra parte, el desarrollo de la conmutación automática ha permitido

el establecimiento de redes cada vez más complejas, en las que cada abonado puede, desde su aparato, contactar directamente con su corresponsal, evitándose la intervención de operadoras.

La conmutación ha pasado desde la operación llamada «paso a paso», en la que, asignando a cada terminal unos dígitos ordenados, al marcar cada uno de ellos se cerraba un contacto, los que establecían la conexión entre el que llamaba y el llamado. La introducción de la lógica en conmutación y del concepto de memoria y control, permitió el hacer frente a la creciente demanda, dando una mayor flexibilidad a las redes reduciendo el número de contactos con que debe disponerse para dar cabida a un determinado tráfico. Estos conceptos fueron el paso para la construcción de los ordenadores.

La nueva tecnología que permite el uso de circuitos de estado sólido, aumenta la velocidad de conmutación, lo que resulta imprescindible para que, con menos equipos, puedan atenderse las posibles llamadas simultáneas sin retardo. Las unidades de control trabajan también, por la misma razón, en tiempo compartido, cuya idea se ha extendido hoy también a los ordenadores.

En nuestro país estamos asistiendo a una gran expansión en el campo de la automatización, de la que son ejemplo las redes telefónicas provinciales y nacionales. Numerosos países están conectados por la red automática permitiendo a sus abonados celebrar conferencias internacionales directas.

Se registra un progreso paralelo, aunque a menor escala, en la red telegráfica, con el establecimiento de los sistemas automáticos «telex» y «gentex», que permiten comunicaciones directas entre las máquinas telegráficas de Empresas, Organismos oficiales, etc.

### **Tratamiento de la información.**

La aparición de las nuevas familias de ordenadores de tercera generación ha marcado la implantación y el desarrollo progresivo del teletratamiento de la información. Con el proceso en tiempo real un ordenador central controla puntos periféricos alejados recogiendo la información que en ellos se genera, procesándola y devolviendo resultados a cada punto con la suficiente rapidez para incidir en las características que allí se controlan. La enorme velocidad de proceso y memoria de estas máquinas permite su utilización simultánea por varios usuarios, resolviendo problemas similares o distintos (Proceso en tiempo compartido).

Las redes de telecomunicación son el sistema nervioso de una instalación de este tipo, permitiendo el flujo a su través de la información que intercambian el ordenador central, sus satélites y terminales periféricos alejados, formando todos ellos partes constituyentes del mismo sistema de telecomunicación,

como hoy se considera el microteléfono. Se ha venido empleando hasta ahora para este servicio la red telefónica preexistente, si bien, para finales de esta década se prevé que la carga de las redes con el tráfico de datos igualará y aún rebasará los valores actuales de tráfico conversacional, por lo que ya se están instalando o se están tomando acciones encaminadas a la instalación de redes especiales para tráfico de datos.

Esta enorme expansión en el empleo de ordenadores ha supuesto un gran desafío a las técnicas de telecomunicación, obligando a replantear muchos problemas y a profundizar estudios y realizaciones prácticas en los campos de diseño de señal, modulación, codificación, etc.

Es importante destacar, dentro del amplio racimo de posibilidades, la aplicación de estos sistemas a la enseñanza programada, donde el alumno dispone de una pantalla y un teclado o una simple máquina de escribir eléctrica, para ir respondiendo a las cuestiones que le envíe el ordenador, que a su vez controlará su progreso.

Asimismo, puede dotarse a los centros de enseñanza de terminales conectados a un gran ordenador central que permitan la ejecución de cálculos científicos desde cada Seminario o Laboratorio.

## **Radioelectricidad.**

Conviene ahora tratar brevemente de los sistemas de comunicaciones tradicionalmente llamados «sin hilos», es decir, aquellos que hacen uso del espectro radioeléctrico.

A medida que la demanda de servicios va creciendo, la tecnología se esfuerza, por un lado, en hacer disponible un nuevo espectro de frecuencias, y por otro, en hacer un reparto y uso más racional del mismo.

El espectro radioeléctrico es un recurso de la tierra que debe emplearse con una adecuada planificación para evitar interferencias y ruidos. La evolución en este campo se ha marcado por una escalada continua en el margen de frecuencias utilizables para los diferentes servicios. En los primeros balbuceos de la técnica Radio se emplearon ondas largas y luego, progresivamente, se han ido experimentando frecuencias cada vez mayores. A todos nos suenan los nombres de ondas medias y cortas en las que se han apoyado los servicios de radiodifusión comercial, comunicaciones radiotelegráficas con barcos, etc.

A partir de los años 40 reciben gran impulso las tecnologías de ondas ultracortas VHF-UHF y aparecen la televisión, el radar, los sistemas de navegación y comunicaciones aeronáuticas, ayudas a la navegación aérea y marítima, y otros servicios móviles que emplean estas bandas de muy altas frecuencias, de lo que ya hemos dicho algo anteriormente. El problema

del reparto de frecuencias es algo más complejo que lo que puede suponer el asignar una frecuencia a un determinado usuario. En efecto, intervienen también el área geográfica cubierta por la radiación y el tiempo en que se está empleando. La misma frecuencia puede compartirse por distintos usuarios en el tiempo. El problema del uso del espectro es ciertamente agudo en las comunicaciones móviles (tierra, mar y aire). Un modo que puede mejorar la utilización del espectro consiste en el empleo de mejores métodos de proceso de las señales; mejoras en la conmutación, empleo del tiempo compartido y multiplaje, reduciendo el tiempo muerto en los servicios que transmiten de manera intermitente.

Las frecuencias altas, además, posibilitan el desarrollo de equipos ligeros ideales para comunicaciones entre puntos móviles de corto radio de acción y aparecen así los servicios de radioteléfonos de inmensa utilidad para la policía, bomberos, ambulancias, etc., así como los modernos sistemas buscapersonas. Por medio de estos sistemas radiotelefónicos móviles, el usuario puede comunicarse desde su coche, o a bordo de un barco o tren, con el correspondiente que desee.

### **Telecomunicación espacial.**

El hombre se aventura a explorar el espacio, y en esta tarea, las comunicaciones juegan un papel esencial. Los primeros satélites llevan sondas y dispositivos de medida y seguimiento que están en contacto permanente con la tierra por medio de la radio. De esta forma se empiezan a conocer mejor las características de la alta atmósfera y del espacio circundante y se preparan los equipos y medios para el envío de hombres al espacio. Las últimas misiones lunares «Apollo» han supuesto un extraordinario despliegue de sistemas de comunicación, como todos hemos podido comprobar siguiendo desde nuestro aparato de televisión los pasos del hombre en la luna.

Uno de los primeros frutos comerciales de la aventura espacial ha sido el lanzamiento de satélites de telecomunicación que enlazan los continentes transmitiendo centenares o miles de canales telefónicos y algunos de televisión. España cuenta con tres estaciones de seguimiento y participa en el Consorcio mundial de Satélites de Telecomunicación. Muchas conferencias con Estados Unidos, América del Sur y el próximo Oriente se celebran ya desde España por medio de los satélites INTELSAT, en órbita sobre el Atlántico y el Indico. El satélite INTELSAT IV tiene una capacidad de hasta 9.000 circuitos telefónicos, utilizando antenas en tierra de unos 30 metros de diámetro y trabaja en la banda de los 4-6 GHz.

Actualmente se efectúan estudios para disponer de satélites de radiodifusión.

sión (sonora y de imagen), que permitan la recepción comunal y directa de las emisiones por los usuarios. La utilidad educativa de estos sistemas es enorme, sobre todo para los países nuevos y en vía de desarrollo.

### **Microondas.**

La tecnología «sin hilos» evoluciona en las muy altas frecuencias a una tecnología «tubular» en la que los campos electromagnéticos, soporte de las comunicaciones, se propagan por conductos de sección rectangular o circular llamados guía-ondas. En bandas de frecuencias similares trabajan el radar, de gran utilidad en la navegación, control de tráfico aéreo y operaciones militares, y los sistemas de radioenlaces de gran capacidad, verdaderas arterias de tráfico entre ciudades.

Los potentes radioenlaces actuales permiten cursar un tráfico muy dispar de telefonía, televisión, telegrafía y datos, y en el futuro, videotelefonía, respondiendo así a la idea de integración de servicios en un sistema portador dado.

En especial, para las comunicaciones punto a punto se utilizan frecuencias portadoras en el margen de 4, 6 y 11 GHz. empleando el mismo sistema que el de los cables. Los sistemas típicos transmiten de 600 a 1.200 canales telefónicos. Al utilizar como medio de transmisión a la atmósfera está sujeto a las interferencias producidas por otros sistemas que trabajan en la misma o cercana frecuencia, lo que se evita con antenas de gran directividad, con anchura de haz de uno a dos grados.

También hace uso de la comunicación radioeléctrica, en bandas de frecuencias elevadas, la Radioastronomía, de la que ya hemos hablado anteriormente. Los potentes radiotelescopios de hoy día han permitido descubrir nuevos elementos celestes. El gran interrogante planteado de la existencia de vida inteligente fuera de la tierra podrá tener una posible vía de conocimiento a través de la Radioastronomía espacial.

A la vez que se van conquistando nuevas zonas del espectro radioeléctrico se produce rápidamente su utilización comercial o científica y pronto se alcanza una ocupación notable.

### **Difusión.**

Anteriormente se ha mencionado cómo se han introducido las técnicas radioeléctricas. Su aplicación a la difusión de la palabra o de las imágenes se ha extendido también enormemente, con la gran demanda en emisoras de Radio y de TV y el amplio uso de receptores para entretenimiento. La radio-

difusión va pasando de servicios puramente comerciales a otros servicios como la educación.

La difusión ha hecho amplio uso de la radiación electromagnética, principalmente por razones económicas, pero a medida que la demanda de nuevos servicios aumenta, entra en competición la difusión por el empleo de hilos y cables, lo que alivia, por otra parte, el agudo problema del uso del espectro. Los servicios móviles deberán seguir usando la radiación, pues, para ellos no hay otra alternativa. En radiodifusión, la mejora en los sistemas de proceso de señales no puede tener una aplicación tan económica como en las comunicaciones punto a punto, debido a la gran existencia de receptores que deberían cambiarse para acoplarse a la nueva tecnología, aunque siempre es posible pensar en su posibilidad, como ha ocurrido con la TV en color, en la que la información ha podido ser transmitida en la anchura de banda de la TV en blanco y negro. Otro ejemplo que puede citarse es la consideración de que puede aprovecharse el breve período en que no existe barrido en la pantalla de TV, para transmitir imágenes de facsímil.

La radiodifusión dispone ahora también del uso de satélites. En efecto, un centro emisor transmite hacia el satélite, éste envía las señales de nuevo a estaciones terrenas que, a su vez, por enlaces punto a punto las envía a nuevos centros que, posteriormente, sirven como terminales que irradian como verdadero centro emisor sobre una cierta área geográfica.

La difusión por cable es otro sistema, como hemos citado, que libera parte del espectro, pudiendo citarse ejemplo de distribución de TV por este método, muy apropiado para grandes densidades de población. Su inconveniente es que no puede usarse con receptores portátiles.

### **La Red de Comunicaciones.**

Una red de comunicaciones es una combinación de transmisión y conmutación, de manera a hacer más económica la comunicación entre los posibles usuarios. En su forma más sencilla, se establecería una interconexión directa entre cada terminal y los restantes, pero ello lleva a un número de canales gigantes comparado con los canales ocupados. Por ejemplo, para 100 millones de terminales se necesitarían cinco mil billones de canales.

La conmutación viene a reducir el problema, disminuyendo el número de canales y aumentando la eficiencia de la red y, en consecuencia, reduce los costes de transmisión.

Con la conmutación se pueden conectar todos los terminales a un centro de conmutación, con lo que se ha reducido así el número de canales a uno por cada terminal. Debido, por otro lado, a que cada canal no está ocupado



todo el tiempo, la solución ha sido interconectar los terminales a centros locales de conmutación, interconectando luego éstos entre sí. Aún se ha mejorado ello introduciendo nuevos centros de conmutación a los que se pueden conectar los centros locales, y así sucesivamente, obteniéndose también rutas alternativas, lo que aumenta la eficiencia de la concentración de tráfico.

La red así concebida es susceptible de cambio y crecimiento, en lugar de ser una estructura rígida, constituyendo un sistema flexible, cuya nueva reconexión sigue nueva estrategia de operación para satisfacer las variaciones en tráfico y tecnología.

El disponer de rutas alternativas hace más flexible el sistema, pero introduce en la comunicación nuevos centros y más largos caminos de transmisión que pueden influir en la calidad de la señal recibida, lo que conduce a un diseño meticuloso.

El objetivo de la ingeniería de redes es unir las tecnologías de transmisión y conmutación, de manera a mover el tráfico de los usuarios al mínimo coste. Este objetivo sólo se obtiene comenzando con los requerimientos generales de la red y sintetizando soluciones para los subsistemas individuales dentro del contorno y límites generales. Esta técnica se ha generalizado conduciendo a lo que hoy se llama ingeniería de sistemas, cuyo nombre y primera aplicación se inició en las telecomunicaciones.

Una red de comunicaciones, con su creciente aumento de tráfico, es tan grande y compleja, que los más grandes computadores sólo son capaces de tratar un modelo de una fracción de una red. El problema viene a complicarse por la variedad de comunicaciones, como, por ejemplo, comunicaciones internacionales automáticas, videoteléfono, datos, etc., con la complejidad que introducen diferentes planes de numeración y de señalización o la mayor anchura de banda o velocidad de transmisión o margen de error.

### **¿Qué es la Telecomunicación?**

Después de este análisis de las telecomunicaciones, de la interrelación con la Electrónica y los calculadores, viendo que su esencia es, en definitiva, el tratar eléctricamente con la información, podemos definir actualmente la telecomunicación como:

«Toda emisión, transmisión y recepción de signos, señales, escritos e imágenes, sonidos e informaciones de cualquier naturaleza, por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos. Tiene como base científica y hace uso de cualquier fenómeno físico o dispositivo que pueda generar información, que sirva para tratarla (codificarla, hacer operaciones con ella, etc.), para transmitirla y recibirla y presentarla o almacenarla en



cualquier forma y sirva posteriormente para realizar cualquier operación: tomar una decisión una persona o una máquina. Su tratamiento puede verse influido por el medio de transmisión o por la operación que se pretende realizar con la información. La transmisión puede ser entre puntos separados una pequeña o gran distancia.»

### **La explosión de las Telecomunicaciones.**

El desarrollo de las Telecomunicaciones, apoyada en los cambios tecnológicos que le hacen posible, puede llamarse verdadera explosión. Existen hoy en día muchos cambios en todas las áreas tecnológicas: transportes, materiales, etc. Sin embargo, las comunicaciones son las que potencialmente presentan mayores probabilidades de influir en nuestra sociedad, algo similar a lo ocurrido cuando se llegó a dominar la energía.

La información, su tráfico y utilización, viene desplazando al tráfico y utilización de masas, energías o personas. Ya se ha visto la íntima relación y cómo han ido reforzándose y apoyándose entre sí la Electrónica y las Telecomunicaciones formando un haz común. Todo cambio en la Electrónica ofrece nuevas posibilidades en las Telecomunicaciones y las nuevas necesidades de ésta fuerzan a un nuevo desarrollo electrónico.

La Electrónica, con la aparición de los circuitos integrados, y la integración en gran escala, está pasando de la etapa de considerar cada elemento de un circuito, a la de considerar conjuntos de elementos funcionales. Ya está pasado el día del transistor, la resistencia y la capacidad, o de los circuitos amplificadores, osciladores, etc., y se habla de elementos funcionales, como, por ejemplo, circuitos de computadoras, receptores, procesadores, etc., sin importarnos qué existe dentro. A ello hay que agregar la fiabilidad, bajo coste, pequeño tamaño, alta velocidad, pequeña potencia, propia de la Electrónica del estado sólido.

Sin ello, serían impensables las comunicaciones espaciales, aparatos de radio de bolsillo, calculadoras de alta capacidad y velocidad, la conmutación electrónica, el proceso de modulación por impulsos, etc., y puede pensarse en disponer un día de receptores tan pequeños y baratos que serían tirados cuando se consuma su fuente de potencia, o de telefonía sin hilos con receptores que podamos llevar también en nuestros bolsillos o circuitos de cálculo que puedan incorporarse en nuestro microteléfono.

Otro desarrollo importante que nos hace pensar en una nueva era de las comunicaciones es el aumento de la capacidad electromagnética que puede usarse. En esta línea, aparte de los desarrollos en la utilización de los medios actuales, tenemos el laser, que utiliza un haz de luz coherente. Se ha calculado

que el espectro visible permitiría transmitir lo equivalente a 80 millones de canales TV ó 50 mil millones de conversaciones telefónicas. Aunque existen aún muchas dificultades, hay muchos ingenieros de telecomunicación pensando en la posibilidad de utilizar conductos de fibra óptica para cruzar el Atlántico antes de acabar este siglo.

Por otra parte, se ha podido demostrar que guías de ondas circulares, con ondas submilimétricas, pueden alojar hasta 100.000 conversaciones telefónicas. Parece que sólo razones económicas retrasan, por falta de necesidad, su puesta en práctica inmediata.

En radiodifusión, en que hemos visto cómo se avanza, por medio de la tecnología y con una reglamentación adecuada en el mejor uso del espectro reduciendo la anchura de banda necesaria y compartiendo frecuencias, la gran esperanza reside en la utilización de cables con mejores señales y variedad de programas que los que pueden ofrecerse con la transmisión atmosférica.

Si estas capacidades de comunicación pueden ponerse a nuestro servicio, ello sería la base para tener en casa el sistema completo de comunicaciones, por el cual se «iría» al trabajo estando en el despacho de casa, se haría la compra desde la cocina y el niño sería educado sin moverse de su cuarto.

Otros usuarios de la gran capacidad de las comunicaciones son las actuales máquinas devoradoras de información. En efecto, la comunicación no es hoy el intercambio de palabras entre personas, sino que incluye y hace posible el intercambio de cualquier información entre hombres, entre máquinas y entre hombre y máquina.

Muy pronto el intercambio de información entre máquinas ocupará tanta capacidad de comunicación como el tráfico entre personas. Es hoy realidad, que va creciendo vertiginosamente, el hecho de que muchos calculadores estarán conectados entre sí, en todo el área geográfica con bancos de datos, con información disponible, para obtenerla directamente o después de un proceso y se utilizarán tan usualmente como hoy se hace con una conversación telefónica. El computador no será ya un instrumento complejo para el usuario, como no lo son hoy los centros de conmutación o los medios de transmisión; para él, el computador no será otra cosa que un enchufe al lado de su mesa. La información será comprada y vendida lo mismo que hoy se hace con la electricidad. El científico y el ingeniero no recogerán su información de grandes volúmenes o de manuales, les bastará consultar a la consola que tengan en su mesa. Otros ejemplos de uso que ofrece esta compleja red de comunicaciones es el control y vigilancia a distancia, sistemas de detección y alarma, control centralizado de fabricaciones y de almacenes, obtención de documentación, transmisión de facsímil, estadísticas de población, colección de datos meteorológicos, de diagnóstico médico, archivo de legislación, etc.

Aunque parezcan cuestiones del futuro, insistimos en que estamos ya inmersos en este mundo, aunque no haya sido aún palpado por muchas personas, si bien, otras las han tomado como conceptos separados e independientes, olvidándose de que están recogidos en el amplio concepto de las telecomunicaciones. Pueden mencionarse la existencia de sistemas para el uso en tiempo compartido de ordenadores, el de la transmisión de TV por cable, la utilización en hacer pedidos de material y el paso instantáneo del importe de una compra a la cuenta del Banco, la reserva de plaza en los medios de transporte, el videoteléfono, transmisión de facsímil, etc.

Otro efecto que se deriva de los modernos sistemas y tecnología es de borrar la distinción entre conceptos hasta ahora aparentemente claros. La transmisión digital de la voz hace borrosa la distinción entre señales analógicas o digitales, el uso de cables para difusión no establece fronteras entre las comunicaciones punto a punto y la radiodifusión, como tampoco existen entre la tradicional telecomunicación y las calculadoras. Ambos usan las mismas técnicas y circuitos y se completan formando una sola unidad, y por terminar, ¿cuál es la diferencia entre la forma de comunicarse las personas, éstas con las máquinas o las máquinas entre sí?